

5. *Audet P., Bürgmann R.* Dominant role of tectonic inheritance in supercontinent cycles // *Nature Geoscience*. 2011. Vol. 4. P. 184–187.
6. *Meert J.G.* Strange attractors, spiritual interlopers and lonely wanderers: The search for pre-Pangean supercontinents // *Geoscience Frontiers*. 2014. № 5. P. 155–166.
7. *Misra A.A., Mukherjee S.* Tectonic inheritance in continental rifts and passive margins. *Springer Briefs in Earth Sciences*. Springer, 2015. 88 p.
8. *Piper J.D.A.* The Neoproterozoic supercontinent: Rodinia or Paleopangaea? // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2000. Vol. 176. P. 131–146.
9. *Thomas W.A.* Tectonic inheritance at a continental margin // *GSA Today*. 2006. Vol. 16. № 2. P. 4–11.
10. *Tommasi A., Vauchez A.* Continental rifting parallel to ancient collisional belts: an effect of the mechanical anisotropy of the lithospheric mantle // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2001. Vol. 185. Is. 1-2. P. 199–210.

И.В. Бондарь¹, А.В. Маринин¹, Н.А. Гордеев¹, П.А. Каменев²

Сравнительная характеристика напряженно-деформированного состояния Хибинского массива и его обрамления

Район исследования расположен в центральной части Кольского полуострова, в районе Хибинских и Мончегорских тундр. Помимо известных на весь мир месторождений апатита, в этой части Мурманской области находятся также крупные месторождения меди, никеля, платины, железа, строительных материалов. Некоторые из этих месторождений находятся еще в нераспределенном фонде [8], другие же разрабатываются открытым и подземным способами. Одной из серьезнейших проблем, с которой сталкиваются горные геологи при разработке карьеров и шахт, является проблема избыточных горизонтальных напряжений. Такие напряжения существенно повышают вероятность обрушения стенок карьеров и возникновения горных ударов в подземных выработках [1]. В связи с этим проблему избыточных горизонтальных напряжений следует кропотливо и глубоко изучать, особенно при такой многочисленности месторождений. Причем не только для предотвращения чрезвычайных ситуаций и несчастных случаев на разрабатываемых участках месторождений, а также для прогноза рисков и правильного проектирования шахт и карьеров будущих месторождений.

¹ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия; bond@ifz.ru

² Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, Южно-Сахалинск, Россия

Вопрос происхождения избыточных горизонтальных напряжений в верхней части земной коры на сегодняшний день остаётся дискуссионным. Одни авторы связывают их с вращением Земли, другие – с проявлением дальнедействующего давления от границ литосферных плит. В 70–80-х годах прошлого века ряд авторов связывал их с остаточными напряжениями прошлых эпох. В совсем недавних работах горизонтальные напряжения связывают с возможностью длительного существования в породах остаточных напряжений гравитационного напряженного состояния [6] и с изменениями климата после четвертичных оледенений [3].

Реконструкция напряженно-деформированного состояния проводится по данным полевых замеров пространственной ориентировки трещиноватости, жил, отрывов, даек и зеркал скольжения, причем замеры проводятся в разновозрастных образованиях, сложенных различными породами. Для реконструкции используется программа *STRESSgeol*, разработанная в лаборатории тектонофизики ИФЗ РАН и использующая алгоритмы вышеуказанного метода [5]. Метод катакластического анализа позволяет определить количественные характеристики реконструируемых локальных стресс-состояний: положение осей главных напряжений и коэффициент Лоде-Надаи. При анализе систем тектонической трещиноватости разных кинематических типов с их объединением в устойчивые структурные ассоциации (парагенезы) применен структурно-парагенетический метод Л.М. Расцветаева [2]. Малые разрывные нарушения, зеркала скольжения, отрывы, жилы и другие используемые в данном методе геологические стресс-индикаторы несут информацию о разных этапах деформирования.

В центральной части Кольского полуострова были проведены реконструкции напряженного состояния в пределах Хибинского массива (Кировский рудник, Расвумчоррский рудник, карьеры «Центральный», «Восточный» и «Олений Ручей»), в районе Мончегорска, у поселка Африканда, у Кольской АЭС и у Экостровского пролива (рисунок).

Всего удалось провести расчет для 25 локальных стресс-состояний. В основном для каждого локального стресс-состояния выделяется один этап деформации, для трех стресс-состояний – два этапа, а восточнее города Мончегорск нами предположительно выделено три этапа деформации с различным направлением оси максимального сжатия, а именно меридиональным, субширотным и северо-восточным.

В целом по данному району преобладает направление оси максимального сжатия запад-северо-западное. Причем такое направление максимального сжатия фиксируется как в пределах Хибинского массива,

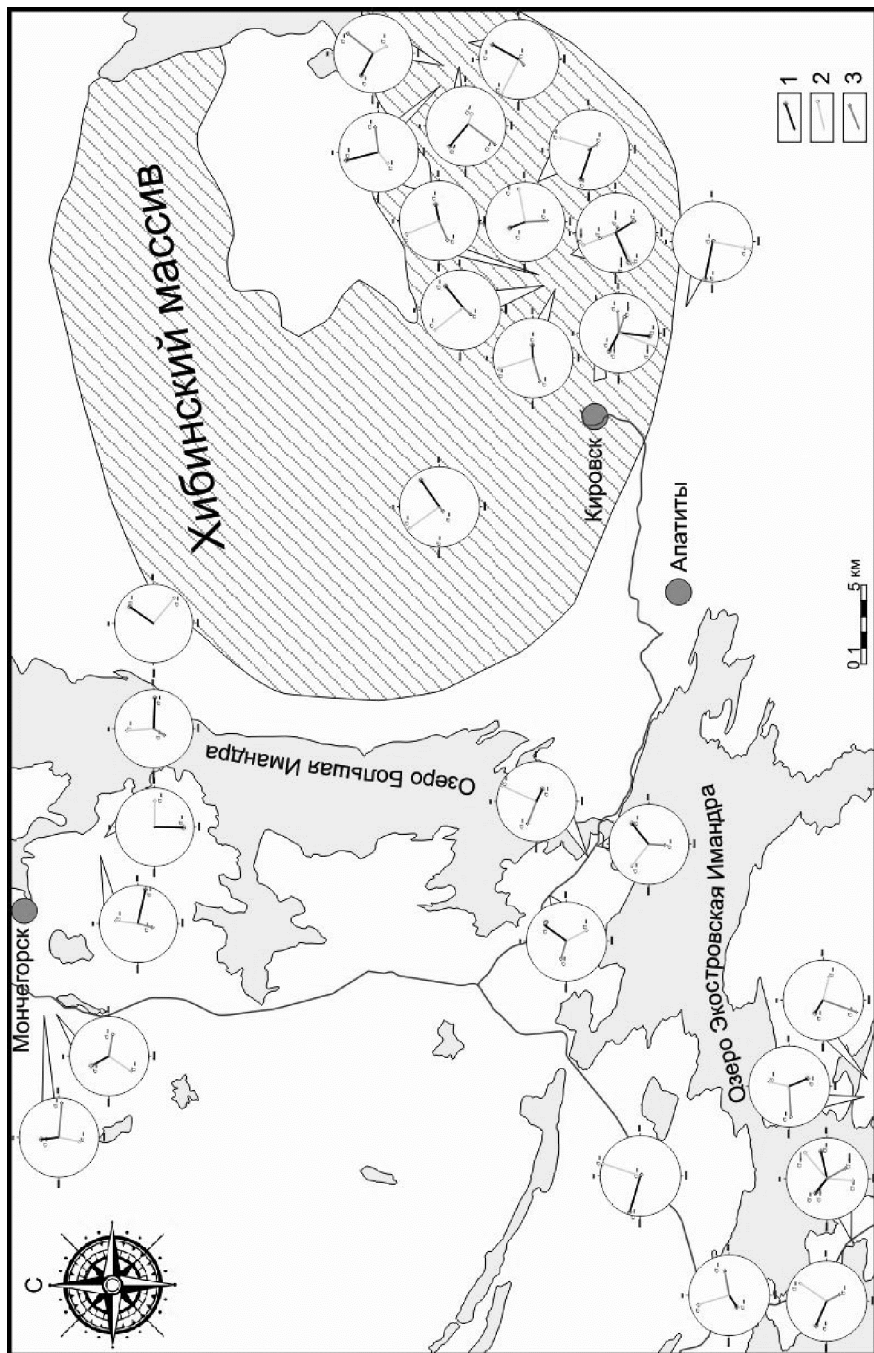


Рисунок. Расположение рассчитанных локальных стресс-состояний центральной части Кольского полуострова. Каждое рассчитанное стресс-состояние представлено в виде стереограммы. На стереограмме показаны ось максимального сжатия (σ_3), минимального сжатия (σ_1) и промежуточная ось (σ_2).

1 – ось максимального сжатия (σ_3); 2 – ось минимального сжатия (σ_1); 3 – промежуточная ось (σ_2)

ва, так и его обрамления. Вполне возможно, что в центральной части Кольского полуострова действует - или действовало – единое поле тектонического напряжения северо-западного сжатия. При этом напряжения действовали одинаково и в Хибинском массиве, и в окружающих его геологических образованиях, несмотря на резкое и значительное отличие геологического и геоморфологического строения Хибинского массива от центральной части Кольского полуострова в целом.

В то же время северо-восточное направление оси максимального сжатия встречается в основном в пределах Хибинского массива, что, вероятно, может говорить о локальном, присущем исключительно массиву, поле напряжений, что подтверждается, например, в статье [7].

Выводы. Методами катакластического и структурно-парагенетического анализа в центральной части Кольского полуострова уверенно фиксируются избыточные горизонтальные напряжения. Преобладает запад-северо-западное направление оси максимального сжатия. Стоит отметить, что такое направление оси сжатия преобладает над другими, как в Хибинском массиве, так и вообще в исследуемом районе. Северо-восточное направление оси максимального сжатия фиксируется в границе Хибинского массива, тогда как за пределами массива такое направление оси сжатия практически не встречается.

Все это свидетельствует, во-первых, о едином поле напряжений в Хибинах и центральной части Кольского полуострова, во-вторых, о том, что Хибинский массив обладает своим собственным локальным напряженным состоянием.

Литература

1. Ловчиков А.В. Горно-тектонические удары на Ловозерском редкометальном месторождении // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11. № 3. С. 385–392.
2. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. Ч. 2. М.: ГИН АН СССР, 1987. С. 173–235.

3. *Сергин С.Я., Сергеев С.В.* Избыточные горизонтальные напряжения сжатия в верхней коре континентов: климатическая причина возникновения // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2013. № 7 (160). Вып. 24. С. 135–139.

4. *Сим Л.А., Жиров Д.В., Маринин А.В.* Реконструкция напряженно-деформированного состояния восточной части Балтийского щита // Геодинамика и тектонофизика. 2011. Т. 2. № 3. С. 219–243.

5. *Ребецкий Ю.Л.* Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Изд. Наука, 2007. 406 с.

6. *Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Козырев А.А.* О возможном механизме генерации избыточного горизонтального сжатия рудных узлов Кольского полуострова (Хибины Ловозеро, Ковдор) // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59, № 4. С. 263–280.

7. *Sim L.A., Zhiron D.V., Marinin A.V.* Stress and strain reconstruction for the eastern segment of the baltic shield // Geodynamics & Tectonophysics. 2011. Vol. 2. № 3. P. 219–243.

8. atlaspacket.vsegei.ru

В.С. Бочкарев, И.В. Касьянов, Д.А. Огнев¹

Тектонические и геодинамические аспекты нефтегазоносности Западно-Сибирской геосинеклизы

Роль геодинамических аспектов в нефтегазоносности Западной Сибири начала проясняться после того, как выяснилось, что залежи нефти тяготеют к более жестким пластовым термодинамическим условиям, чем залежи газа [1] и что катагенетические преобразования пород чехла выше у приподошвенной части независимо от возраста стратонов по П.И. Трушкову. Приподошвенные термальные активизации (рис. 1) дают основание считать, что прогибание фундамента обусловлено его разогреванием. С развитием тонких методов исследований, в частности, применение ионно-лазерного масс-спектрометра SHRIMP-II позволило выявить в породах доюрского фундамента признаки особых тектоно-гидротермальных активизаций, которые периодически проявлялись 180–12 млн лет назад [2]. При этом местами содержание урана в цирконах подсказывало до 74000 г/т. Выяснилось эндогенное «дыхание» недр.

¹ Сибирский научно-аналитический центр (НАО СибНАЦ), Тюмень, Россия; nesterov_i_i@sibsac.ru, Ognev_D@sibsac.ru